

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 630 539

②1 N° d'enregistrement national :

88 05564

⑤1 Int Cl<sup>a</sup> : G 01 C 3/00; G 06 F 9/00.

⑫

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 22 avril 1988.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 27 octobre 1989.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société d'Economie Mixte Locale dite :  
INSTITUT DE ROBOTIQUE ET D'INTELLIGENCE ARTIFI-  
CIELLE DE MARSEILLE - IIRIAM. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Christian Giraud.

⑦3 Titulaire(s) :

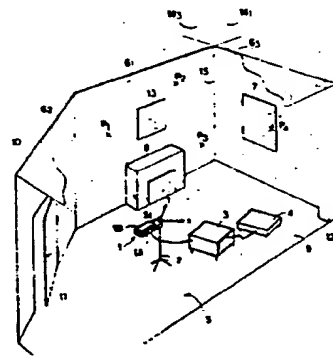
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

⑤4 Procédés de levés de mètres de bâtiment par télémétrie.

⑤7 La présente invention a pour objet des procédés pour  
effectuer des levés de mètres d'enveloppe constituée de sur-  
faces planes en utilisant un télémètre 1 à faisceau laser.  
Le secteur technique de l'invention est celui des procédés  
de géomètre pour le levé des côtés et des dimensions de tout  
espace géométrique notamment pour les mètres de pièces de  
bâtiment.

Le procédé objet de la présente invention consiste à utiliser  
du matériel normalement utilisé en topographie extérieure, pour  
la mesure de mètres sur courte distance à l'intérieur de  
bâtiment et de l'associer à un programme de conception  
assisté par ordinateur 3, de façon à reproduire 4 les envel-  
oppes et les éléments constitutifs d'une pièce sous toute  
forme souhaitée. Pour cela, on effectue avec le télémètre 1 les  
mesures des coordonnées polaires de trois points quelconques  
P, pris sur chaque surface 6, constituant l'enveloppe à partir de  
la même station S1. On calcule alors la position de chaque  
plan 14, puis l'intersection de tous les plans pris deux à deux

pour définir les arêtes 15 du volume considéré. On repère un  
point P4 de tout élément d'équipement 7 et on l'associe aux  
dimensions préalablement enregistrées dudit élément. On posi-  
tionne les pièces les unes par rapport aux autres en chois-  
sant une base de points de référence commune à au moins  
deux pièces.



FR 2 630 539 - A1

Procédé de levé de mètres  
de bâtiment par télémétrie.

DESCRIPTION

5 La présente invention a pour objet des procédés pour effectuer des levés de mètres d'enveloppe constituée de surfaces planes ou gauches en utilisant un distancemètre par exemple à faisceau laser couplé à un théodolite.

10 Le secteur technique de l'invention est celui des procédés de géomètre pour la levée des côtes et des dimensions de tout espace géométrique.

Une des applications principales de l'invention est celui de la levée, en architecture, de mètres de pièces constituant un bâtiment.

15 On rappelle, d'après Monsieur Henri LAGRANGE (encyclopédie du BTP), que les levés d'architecture ont pour principal objet la représentation d'une construction existante avec toutes ses particularités et ses défauts. Ils sont utilisés par les architectes ou les bureaux d'études pour asseoir leurs projets de modification.

20 Pour rendre compte de tous les éléments constitutifs d'un édifice, il est nécessaire d'en établir plusieurs plans, plusieurs coupes et plusieurs élévations. Pour cela, il est nécessaire d'effectuer au préalable le relevé des côtes et des dimensions de tout ce qui constitue l'édifice : cette opération est appelée un levé de mètres  
25 et se fait suivant différentes méthodologies.

Une première méthode est la photogrammétrie : elle est particulièrement performante pour les levés des façades, c'est-à-dire pour les surfaces appréhendables à partir de deux clichés seulement ; elle est très riche en informations et permet de lever des détails  
30 facilement. Par contre, la photogrammétrie est inadaptée pour le levé intérieur. En effet, elle nécessiterait au minimum deux clichés pour chaque facette du volume d'une pièce, et le chaînage de tous ces clichés, les uns par rapport aux autres nécessiterait un équipement de repérage supplémentaire qui rendrait la méthode très lourde, et le  
35 dépouillement et l'interprétation des clichés longs, fastidieux et coûteux. Cette méthodologie n'est du reste pratiquement pas utilisée à l'intérieur des bâtiments, en dehors du relevé des parties ornementales.

Actuellement, le levé architectural des mètres intérieurs de bâtiment est essentiellement manuel.

- Cette seconde méthodologie repose sur la triangulation ou méthode par diagonale. Monsieur Henri LAGRANGE dans l'encyclopédie
- 5 BTP aux Editions EYROLLES, en rappelle le principe : "elle consiste à mesurer les côtés périmétriques de chaque pièce en situant tous les détails : portes, fenêtres etc..., ainsi que la diagonale joignant deux angles opposés pour fixer la direction relative des murs. La surface de la pièce se trouve ainsi décomposée en triangles dont les
- 10 trois côtés sont mesurés. Ce procédé, théoriquement très simple, présente le plus souvent dans la pratique, de grosses difficultés, dues à l'encombrement des pièces, d'une part et à leur forme irrégulière, d'autre part".

- Un certain nombre de mesures est établi à partir de tracés
- 15 au sol, sur les parois ou bien par des plans matérialisés par un fil à plomb ou des planches, le temps de la mesure nécessitant souvent de déplacer le mobilier et de dégager les parois. Les erreurs peuvent être importantes, surtout quand il s'agit de recaler des pièces contigües qui n'ont aucune ouverture en commun : des mesures
- 20 d'épaisseurs par des moyens mécaniques ou acoustiques sont alors nécessaires pour obtenir une certaine précision.
- Les mètres détaillés sont alors compensés par des mesures globales et, au dessin, l'opérateur pallie aux oublis, aux erreurs ou aux incohérences des mesures. Ce procédé nécessite donc une succession
- 25 d'opérations, de recopies de mesures, d'interprétation et de tracé. Cela prend du temps, c'est fastidieux, coûteux et comporte des risques d'erreurs.

- A l'extérieur et dans le domaine des travaux publics, le problème de relevé de côtes est très différent de celui des mètres de
- 30 pièces. D'une part, les distances à mesurer sont plus importantes et les précisions demandées sont moindres et, d'autre part et surtout, la méthodologie repose sur un principe et des moyens de mesure adaptés aux terrains accidentés.

- Cette méthode appelée levé topographique est, à l'heure
- 35 actuelle, la plus élaborée de tous les levés et a nécessité le développement et la mise au point de matériel spécifique. On utilise un théodolite optique que l'on met en station sur un point déjà connu, repéré par exemple par rapport à des amers de référence fixe

visibles. Chaque point que l'on veut relever est alors déterminé dans l'espace sur un axe repéré grâce à son angle horizontal et son angle vertical par rapport à une direction de référence. On détermine ensuite ce point sur cet axe soit par intersection avec  
 5 un ou deux autres axes relevés depuis une ou deux autres stations connues, soit par une mesure directe depuis la première station, grâce à un distancemètre. Cette dernière méthode est la plus simple et la plus utilisée à ce jour grâce au développement des distancemètres à faisceau laser qui se réfléchit sur un prisme monté sur  
 10 un support placé au point que l'on veut relever. La portée du faisceau peut être de plusieurs milliers de mètres et la mesure est suffisamment précise pour les besoins du domaine considéré.

Ce procédé s'appuie sur le principe géométrique de la détermination d'un point par ses coordonnées polaires et utilise  
 15 en combinaison, un théodolite et un distancemètre laser, monté sur un même support suivant des axes parallèles, constituant un télémètre.

L'opérateur utilise cet appareil en levé topographique en réalisant un cheminement pour relier les différentes stations  
 20 entre elles. Ce cheminement est une succession ininterrompue d'opérations élémentaires de rayonnement, permettant de transmettre de proche en proche, la position des stations successives; les points cibles de levés topographiques sont alors eux-mêmes mesurés depuis au moins une de ces stations. Le cheminement est en général  
 25 fermé sur lui-même et constitue un polygone pour recalculer et corriger éventuellement des dérives dans les mesures.

Cette dernière méthodologie n'est pas adaptée au bâtiment où les distances sont plus courtes et où le levé s'effectue  
 dans un univers structuré, constitué d'éléments distincts en/ parois, murs, portes, radiateurs, plafond, cheminée..., c'est le levé de  
 30 l'ensemble de ceux-ci qui permet de reconstituer un métré détaillé.

Le relevé de ce métré doit tenir compte de ces éléments que nous classerons en trois familles :

- l'enveloppe composée de toutes les parois délimitant le  
 35 volume de la pièce (murs, sols, plafond);
- les éléments de construction dits "de gros oeuvre" qui sont intégrés et soutiennent l'enveloppe (poutres, poteaux, niches,

escaliers, baies) ou sont des défauts (lézardes en particulier;

- les éléments d'équipements dits "de second oeuvre", qui sont solidaires de l'enveloppe (poutres, fenêtres, radiateurs, luminaires).

- 5 A ces trois familles, il faut donc rajouter celle du mobilier qui est mobile et non lié au bâtiment. En général, il n'est donc pas relevé et n'intéresse pas la méthode de levé, par contre, il la gêne et en complique l'application.

- 10 Le problème posé est de pouvoir effectuer des relevés de côtes à l'intérieur d'une pièce de bâtiment permettant d'en faire le levé de mètres, avec précision, sans avoir à prendre des mesures manuelles de dimensions des éléments constitutifs de la pièce nécessitant le déplacement du mobilier, un relevé et un calcul par triangulation et une transposition de tracé approximative.

- 15 Un autre problème posé est de pouvoir effectuer la reproduction du tracé des mètres sous toute forme souhaitée, en plans, coupe ou perspective, sans avoir à retranscrire les relevés manuellement, ni à calculer les positions et dimensions des éléments, ni à réaliser un tracé manuel.

- 20 Une solution au problème posé, objet de la présente invention est un procédé de levé de mètres d'une enveloppe constituée de surfaces quelconques, en particulier planes, délimitant un volume ouvert ou fermé, qui peut être notamment une pièce située dans un bâtiment, lequel procédé utilise un télémètre par exemple à faisceau laser, caractérisé en ce que :

- 25 - on positionne ledit télémètre en station sur un emplacement situé en un point origine quelconque dudit volume ;  
 - on oriente successivement l'axe de visée du télémètre vers au moins deux points quelconques quand on connaît déjà une  
 30 caractéristique géométrique dudit plan et sinon au moins trois points alors non alignés de chaque plan constituant ladite enveloppe ;  
 - on s'assure que chaque point visé est situé sur une surface apte à réfléchir une partie du faisceau laser dans sa direction d'incidence, permettant alors la mesure de télémétrie  
 35 quelle que soit l'inclinaison de ladite surface ;  
 si ce n'est pas le cas, on place en chaque point choisi un réflecteur permettant cette réflexion ;  
 - on effectue avec le télémètre la mesure de distance pour

chacun desdits points et on relève les angles de visée correspondant en gisement et en azimut, par rapport à un même axe de référence pour toutes les directions de visée;

- on calcule la position de chaque plan à partir des
- 5 coordonnées polaires des points situés dans celui-ci par rapport à l'emplacement de la station origine;
- on calcule l'intersection des plans pris deux à deux et on définit ainsi les arêtes du volume considéré;
- on trace et on reproduit les métrés de ce volume, défini
- 10 entièrement par son enveloppe, sous forme de plans, de coupe d'élévation et/ou de perspectives.

Une autre solution complémentaire de la précédente, répondant également au problème posé, est un procédé de levé de métrés, caractérisé en ce que :

- 15 - on stocke dans la mémoire d'un ordinateur les mesures des coordonnées polaires de tous les points visés par le télémètre, en codant et repérant, d'une part, les points associés au même plan, d'autre part, les points associés à tous les éléments particuliers de chaque plan et enfin les plans associés à la même enveloppe
- 20 repérée à partir d'un emplacement origine de station de mesure;
- on programme l'ordinateur pour calculer la position de tous les plans à partir du point origine de ladite station, puis pour calculer l'intersection de tous les plans deux à deux et à conserver en mémoire la définition de l'enveloppe ainsi déterminée
- 25 par ses plans et ses arêtes;
- on programme l'ordinateur pour calculer les mesures de distance et d'angle en fonction d'erreurs de mesure et de défauts de planéité possible afin de lisser les plans à une valeur de tolérance de l'ordre du cm;
- 30 - on range dans une mémoire permanente et précodée les dimensions mesurées de tout élément particulier pouvant occuper une partie de plans, et on positionne chaque élément par rapport à un point caractéristique;
- on commande le tracé du métré désiré sous la forme
- 35 souhaitée tels que plans, coupes, élévations et/ou perspectives à partir des données mesurées puis calculées de l'enveloppe et celles connues des éléments.

Le résultat est un nouveau procédé de levé de métrés.

d'une enveloppe constituée de surfaces planes.

Le procédé permet des relevés dans tout volume, même encombré d'objets indépendants de l'enveloppe, que l'on veut pouvoir tracer sur plan et sans avoir à déplacer le contenu du volume.

- 5 L'application principale de ce procédé est essentiellement le levé en architecture, de mètres de pièces dans un bâtiment.

Les avantages et les descriptions suivantes ont trait à cette application, mais n'ont pas de caractère limitatif.

- 10 Ce procédé permet, dans cette application au bâtiment, de pouvoir relever, d'une part, l'enveloppe seule très rapidement, sans avoir à tenir compte des autres éléments, ceux-ci pouvant être mesurés et mis en mémoire par ailleurs. En effet, ces derniers sont souvent répétitifs d'une pièce à l'autre et peuvent être déterminés une seule fois.

- 15 En combinant le relevé de l'enveloppe définie par ses surfaces gauches ou planes, dont on peut alors calculer aisément la surface métrique, et les éléments de construction et d'équipement, il est aisé et rapide d'en définir le mètre pour les corps de métiers intéressés à intervenir dans les pièces du bâtiment, tels que pour  
20 les peintures, les tapisseries, les carrelages.

- Les états des surfaces planes sur lesquelles les mesures d'angle et de distance sont effectuées ne nécessitent pas en général de préparation. Les points choisis peuvent être n'importe où sur cette surface et apte à réfléchir le faisceau laser, ce qui est  
25 aisément obtenu par un état de surfaces mat et clair, dont la luminance répond à la loi de LAMBERT.

- L'utilisation intégrée avec un programme dit de CAO (conception assistée par ordinateur) met à la portée de l'utilisateur, même non formé aux méthodes et aux calculs de géomètre, la  
30 possibilité d'effectuer des mètres précis et rapides et à un coût donc très attractif, permettant ensuite la reproduction du tracé de la pièce directement sur une imprimante et sur écran sous la forme voulue.

- La description suivante se réfère aux dessins annexés qui  
35 représentent, sans aucun caractère limitatif, un exemple de procédé suivant l'invention de levé de mètres des pièces dans un bâtiment dont l'enveloppe est constituée, pour simplifier ici notre exemple, de surfaces planes. La figure 1 représente une vue en perspective

du matériel permettant l'application des procédés de l'invention.

La figure 2 est une vue de dessus d'une visée télémétrique d'un point d'une paroi verticale.

La figure 3 est une représentation des coordonnées polaires d'un point de visée.

La figure 4 est une vue de dessus générale de plusieurs pièces accolées d'un bâtiment après le levé des métrés suivant le procédé.

La figure 5 est une vue en perspective de plusieurs pièces de bâtiment réalisée avec les procédés de l'invention.

Les exemples de métrés ne limitent en rien l'application des procédés à toute autre forme de pièces et de volumes de toute sorte, comportant de nombreuses parois, d'éléments de construction, des équipements et du mobilier. Il peut être aussi utilisé entre des pièces superposées, isolées les unes des autres, séparées par un espace extérieur.

La figure 1 représente une pièce 5 en perspective, dont le volume est limité par une enveloppe composée de plusieurs surfaces planes qui sont les murs 6<sub>1</sub>, 6<sub>2</sub>, 6<sub>3</sub>, le plancher 9 et le plafond 10.

Cette enveloppe est portée par des éléments de gros oeuvre, tel que le pilier 12 et comporte elle-même des équipements de second oeuvre qui sont ici une fenêtre 7, une cheminée 8 et une porte 11.

Enfin, à l'intérieur de cette pièce 5, posé ou accroché aux parois, est disposé du mobilier tel que le tableau 13, fixé au mur 6<sub>1</sub>.

On place en un point dégagé du plancher 9 et au mieux, au plus près du centre de sa surface, un télémètre 1, monté sur un trépied 2. Ce télémètre est composé d'un théodolite 1A, de tout type connu, permettant des visées optiques et de relever les angles de gisement et d'azimut de ces visées par rapport à un axe de référence S<sub>ix</sub>, placé dans un plan parfaitement horizontal S<sub>ix</sub>, obtenu par réglage relatif du théodolite et de son trépied. Ce théodolite est couplé à un distancemètre 1B à faisceau laser, de tout type connu comme ceux utilisés en topographie.

Les deux appareils sont montés solidaires, en général l'un au dessus de l'autre, de façon à ce que leurs axes de visée soient



toujours parallèles.

On relie le télémètre 1 ainsi assemblé et réglé à l'unité centrale d'un ordinateur 3, de telle façon que les données de mesure obtenues par le télémètre soient directement introduites dans les 5 mémoires de cet ordinateur, lequel est lui-même relié à une table traçante ou à une imprimante 4, qui reproduit le tracé des relevés de la pièce après traitement des relevés de mesure par un programme établi suivant le procédé.

Les trois éléments ci-dessus que sont le télémètre 1, son 10 trépied 2 et l'ordinateur 3, auquel peut être rajoutée la table traçante 4, peuvent être montés sur un même support mobile autonome. Un système de visée est alors couplé mécaniquement au télémètre et associée à un programme spécifique de reconnaissance de forme. On peut alors programmer ledit support mobile pour qu'il oriente 15 automatiquement la visée du télémètre sur chaque plan de l'enveloppe et chaque élément particulier reconnu par le système de visée. Ledit support mobile peut alors être déplacé d'une pièce à une autre facilement, et optionnellement d'une manière automatique.

Le télémètre 1 est dit en station et toutes les mesures 20 effectuées dans la même pièce seront réalisées par rapport au point origine de rotation et de référence S1, associé à ces axes de référence horizontaux S1x et S1y, tels que décrit dans la figure 3.

On oriente successivement l'axe de visée du télémètre 1 vers au moins trois points quelconques P1, P1 et P3 du premier mur 25 6, libres de tout équipement 8 et de mobilier 13. Ces points ne doivent pas être alignés et doivent être situés sur une surface apte à réfléchir une partie du faisceau laser du distancemètre 1B vers sa direction d'incidence, permettant la mesure de télémétrie quelle que soit l'inclinaison de ladite surface.

30 Si ce n'est pas le cas, on choisit d'autre point de visée jusqu'à trouver une surface au voisinage dudit point qui respecte la condition de LAMBERT sur les sources orthotropes tel que décrit dans la figure 2. Normalement, la plupart des parois des pièces satisfont naturellement à cette condition.

35 On effectue alors les mesures de distance et d'angle de visée pour chacun desdits points. Les données de ces trois points ainsi relevées en coordonnées polaires sont adressées à l'ordinateur qui est pr grammé pour calculer à partir de ces données la position du

plan  $14_1$  qui inclut le mur  $6_1$ , par rapport à l'origine de référence S1. On effectue les mêmes opérations pour le mur adjacent  $6_3$  dont on détermine la position du plan  $14_3$ .

Les deux plans  $14_1$  et  $14_3$  définis permettent de calculer automatiquement leur intersection qui correspond à l'angle 15 de la pièce 5. Ainsi, de proche en proche, on relève toutes les parois et on détermine toutes les intersections : pans de murs entre-eux, pans de murs-plafond et pans de murs plancher. L'enveloppe est alors parfaitement connue et ses coordonnées par rapport au points origine de référence S1 sont stockées dans la mémoire de l'ordinateur 3.

Pour relever les équipements situés sur cette enveloppe, telle que la fenêtre 7, on mesure préalablement les dimensions de celle-ci que l'on stocke également dans une mémoire auxiliaire de l'ordinateur. Ces éléments sont en général standard et sont souvent préalablement connus et répétitifs d'une pièce à l'autre. Il sont alors codifiés suivant une numérotation de type connu comme par exemple celle de BARENT ou KEOPS et mis en mémoire permanente dans l'ordinateur 3. Il suffit alors de relever un ou plusieurs points caractéristiques P4 de cet élément (poignée, charnière...), de l'associer au mur  $6_3$  correspondant et d'appeler dans la mémoire le code donné à cet élément avec toutes ses dimensions préalablement connues ou paramétrables. On procède de la même façon avec les éléments de poutre et pilier 12, de porte 11, de cheminée 18 et même de mobilier comme le tableau 13 si désiré.

La figure 2 est une vue de dessus de la visée télémétrique du point P1 situé sur le mur  $6_1$ , à partir du télémètre 1 positionné en station au point d'origine S1. La visée optique directe par le théolodite donne l'angle de gisement  $\alpha$  du point P1 et le distancemètre laser donne la mesure de distance S1-P1 ici, projetée sur le plan horizontal x'y. Cependant, pour que cette mesure laser puisse s'effectuer, il est nécessaire que la surface 16 au voisinage du point P1 réfléchisse suffisamment le faisceau laser incident 17 dans cette même direction. Pour cela, des essais ont démontré qu'il était nécessaire et suffisant que cette surface 16 se comporte le plus possible comme une source isotrope, c'est-à-dire de luminance constante 18 dans toutes les directions, ce qui permet des visée quel que soit l'angle  $\gamma$  du faisceau 17 avec ladite surface 16.

Pour obtenir une telle caractéristique d'état de surface, celle-ci peut être de couleur mate et claire, ce qui est finalement le cas de la plupart des parois. On choisira alors sur le mur 6, considéré, trois points répondant à ce critère. Si aucun point ne peut satisfaire à celui-ci, on rajoutera sur cette surface 16, un réflecteur plan très fin 19, tel qu'une feuille de papier de type autocollante et ayant les caractéristiques voulues. La minceur du réflecteur est nécessaire pour ne pas perturber la mesure de distance Pl S1. Ainsi, les réflecteurs type prisme utilisés en topographie, ne sont pas nécessaires et perturberaient les mesures.

La figure 3 représente dans l'espace, les coordonnées polaires d'un point tel que Pl par rapport au point de référence origine S1 où est situé le télémètre en station.

Cet appareil permet d'obtenir par mesures directes, le gisement  $\alpha$ , l'azimut  $\beta$  et la distance polaire S1 Pl. Les mesures sont alors mises automatiquement en conformité de saisie directe dans le programme de calcul de l'ordinateur.

La figure 4 est une vue de dessus générale de plusieurs pièces accolées d'un bâtiment après les levées des mètres de chacune suivant le procédé décrit dans la figure 1. On notera tout d'abord que la pièce 20 est très longue et comporte des parties en retrait, ne permettant pas des visées à partir d'une seule station, sans risque d'erreur. On définit alors une cloison fictive 21, qui peut être tout objet à surfaces planes placé au même endroit pendant toute la mesure. On choisit deux stations S2 et S3 à partir desquelles cet objet sera repéré et constituera pour le calcul de l'enveloppe de la pièce une cloison fictive, qu'il suffira d'effacer par la suite. La pièce 20 devient alors pour le déroulement du procédé une pièce double qui sera analysée et positionnée comme la pièce 5, par rapport à cette pièce 20.

On choisit dans chacune des deux pièces 5 et 20, un point de référence soit P4 pour la pièce 5 et P5 pour la pièce 20, de telle façon qu'ils soient tous deux visibles depuis les deux stations S1 et S2, grâce à l'ouverture commune de la porte 11. On marque ces deux points d'un repère visible qui devra rester pendant la durée des mesures. On relève les coordonnées de P4 et P5 par rapport à S1 puis à S2, en même temps que l'on effectue le relevé de l'enveloppe de chaque pièce correspondante de façon à conserver

pour chacune les mêmes orientations du repère d'axes de référence.

Par calcul direct de triangulation inverse, on peut alors positionner les deux points d'origine de stations par rapport à la base commune constituée des points P4 et P5, ce qui revient à positionner exactement les deux stations S1 et S2 l'une par rapport à l'autre en distance et en orientation.

Par un programme de calcul géométrique simple, les deux enveloppes des pièces relevées depuis les deux stations vont se caler exactement l'une par rapport à l'autre tel que représenté sur la figure. L'épaisseur du mur 6<sub>2</sub> est ainsi parfaitement déterminé même si les deux faces de celui-ci n'étaient pas parallèles.

Afin de tenir compte des erreurs de mesure éventuelles dues souvent aux imperfections des surfaces, les points levés sur chaque paroi sont lissés par programme de calcul pour former une surface réglée ou plane et reconstituer ainsi une paroi levée parfaitement régulière ou plane. Un lissage et une approximation d'1/2 cm peut être retenu car cette variation est insignifiante pour une paroi.

On effectue la même opération de levée dans la pièce 22 à partir de la station S4 que l'on positionne par rapport à la pièce 20 et la station S2. La pièce 22 est alors calée par rapport à la pièce 5 bien qu'il n'y ait pas d'ouverture entre ces deux pièces.

On peut noter ainsi qu'il est possible de positionner deux pièces l'une par rapport à l'autre, même sans ouverture commune. Il suffit de prendre une référence commune extérieur qui peut être réelle comme ici la pièce 20 ou qui peut être fictive.

La figure 5 est une vue perspective des pièces 5, 20 et 22 suivant le procédé ci-dessus et telles que représentées dans la figure 4. Cette vue est calculée par l'ordinateur suivant tout point d'observation souhaité et tracée sur l'imprimante associée à cet ordinateur. Elle donne un exemple de représentation de reproduction que le procédé permet d'obtenir automatiquement pour des levés télémétriques de points situés sur les surfaces même des enveloppes et des éléments à positionner. A partir des mêmes données, il peut être tracé également tout plan, coupe et élévations, en tenant compte des parties cachées ou non. Ensuite, l'opérateur peut introduire toute modification et gère les coordonnées de ces enveloppes de pièces avec son logiciel de conception assistée par ordinateur comme avec

tout programme d'architecture.

La présente description et les dessins annexés représentent une enveloppe de pièces constituées de surfaces planes, mais le procédé est en effet valable, même avec des enveloppes constituées de surfaces gauches, qui sont en général paramétrables et d'équation connue et pour lesquelles il faut relever un nombre de points suffisant pour les définir exactement.

En effet, toute surface gauche paramétrable peut être définie parfaitement par un nombre donné de points correspondant au degré des équations de paramétrage.

Des calculs mathématiques permettent alors de tracer cette surface à partir des coordonnées de ces points.

Ainsi, comme on l'a vu pour l'exemple du plan, avec trois points, on définit parfaitement sa position ou deux points si l'on connaît une autre caractéristique, comme un angle par exemple et même pour un plafond, si on définit qu'il est horizontal, soit si l'on fixe deux angles ou deux degrés de liberté, il pourra être défini par un point seulement. De même, pour un cylindre quelconque, il faudra alors quatre points et on lui fixe une direction d'axe ou généralement un degré de liberté, il suffira de trois points.

Il en est de même pour toute surface courbe dont on peut écrire les équations mathématiques et trouver leur résolution suivant un programme mis dans la mémoire de l'ordinateur associé au télémètre.

Le procédé permet alors, en reconnaissant préalablement le type de surfaces courbes que l'on veut mesurer et en prenant le nombre de points nécessaires à la connaissance de la position de chacune, d'établir le mètre de l'enveloppe avec ses arêtes par intersection de toutes les surfaces courbes ou planes adjacentes.

## REVENDECATIONS

1. Procédé de levé de mètres d'une enveloppe constituée et surfaces gauches ou planes délimitant un volume ouvert ou fermé, qui peut être notamment une pièce (5) située dans un bâtiment, lequel procédé utilise un télémètre (1) par exemple à faisceau laser,
- 5 caractérisé en ce que :
- on positionne ledit télémètre en station (S1) sur un emplacement situé en un point origine quelconque dudit volume;
  - on oriente successivement l'axe de visée du télémètre vers un nombre de points minimum correspondant à la connaissance de
  - 10 la surface gauche paramétrable et reconnus préalablement, soit par exemple pour un plan trois points quelconques mais non alignés ou deux seulement si on fixe une autre caractéristique géométrique ou degré de liberté;
  - on s'assure que chaque point visé (P) est situé sur une
  - 15 surface (16) apte à réfléchir une partie du faisceau de type laser (17) dans sa direction d'incidence, permettant alors la mesure de télémétrie quelle que soit l'inclinaison de ladite surface;
  - si ce n'est pas le cas, on place en chaque point choisi un réflecteur (19) permettant cette réflexion;
  - 20 - on effectue avec le télémètre (1) la mesure de distance pour chacun desdits points (P) et on relève les angles de visée correspondant, en gisement ( $\alpha$ ) et en azimuth ( $\beta$ ), par rapport à un même axe de référence pour toutes les directions de visée;
  - on calcule la forme et la position de chaque surface
  - 25 (14) à partir des coordonnées polaires des points situés dans celui-ci par rapport à l'emplacement de la station origine et à la résolution des équations de paramétrage connues de ladite surface préalablement reconnu;
  - on calcule l'intersection (14) des surfaces prises deux
  - 30 à deux et on définit ainsi les arêtes (15) du volume considéré.
  - on trace et on reproduit les mètres de ce volume, défini entièrement par son enveloppe, sous forme de plans, de coupe, d'élévation et/ou de perspectives.
2. Procédé de levé de mètres suivant la revendications 1,
- 35 caractérisé en ce qu'on utilise un télémètre à faisceau laser et qu'on choisit chaque point de visée (P), de telle façon que la surface (16) de l'enveloppe au voisinage immédiat dudit point est,

sous l'éclairage du faisceau laser (17), une source lumineuse orthotrope, de luminance constante dans toutes les directions quel que soit l'angle de cette surface avec l'axe du faisceau incident.

3. Procédé de levé de mètres suivant la revendication 1, caractérisé en ce qu'on place, sur chaque point (P) de visée choisi, un réflecteur (19) de type papier fin autocollant sur la surface portant ledit point, lequel réflecteur est de couleur claire et mate, de surface parallèle avec son support.

4. Procédé de levé de mètres suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que : on repère tout élément particulier (7) situé sur toute surface de l'enveloppe, par au moins un point (P4) caractéristique propre à chaque élément; on effectue les mesures de coordonnées de ce point par le télémètre (1); on associe ces coordonnées au repère de ladite surface concernée (6<sub>3</sub>); on mesure et on enregistre par ailleurs et par tout autre moyen les dimensions de cet élément par rapport à son point caractéristique et on reproduit la trace exacte de cet élément à partir de l'emplacement de ce point (P4) sur toute représentation de mètre qui inclut ladite surface de l'enveloppe.

5. Procédé de levé de mètres suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, pour le relevé d'un volume (20), de forme très allongée ou comportant des parties en retrait ne permettant des visées sur toutes les surfaces de l'enveloppe à partir du même emplacement de station du télémètre (1), caractérisé en ce que :

- on définit par tout moyen, au moins une surface virtuelle de partage (21) qui délimitera au moins deux volumes adjacents;

- on effectue un relevé de mètres à partir d'une station choisie dans chaque sous-volume (S2 et S3);

- on positionne chaque station par rapport à l'autre et on trace le mètre de chaque partie de l'enveloppe associé à chaque station qui, tracée l'une après l'autre, reconstitue l'enveloppe globale.

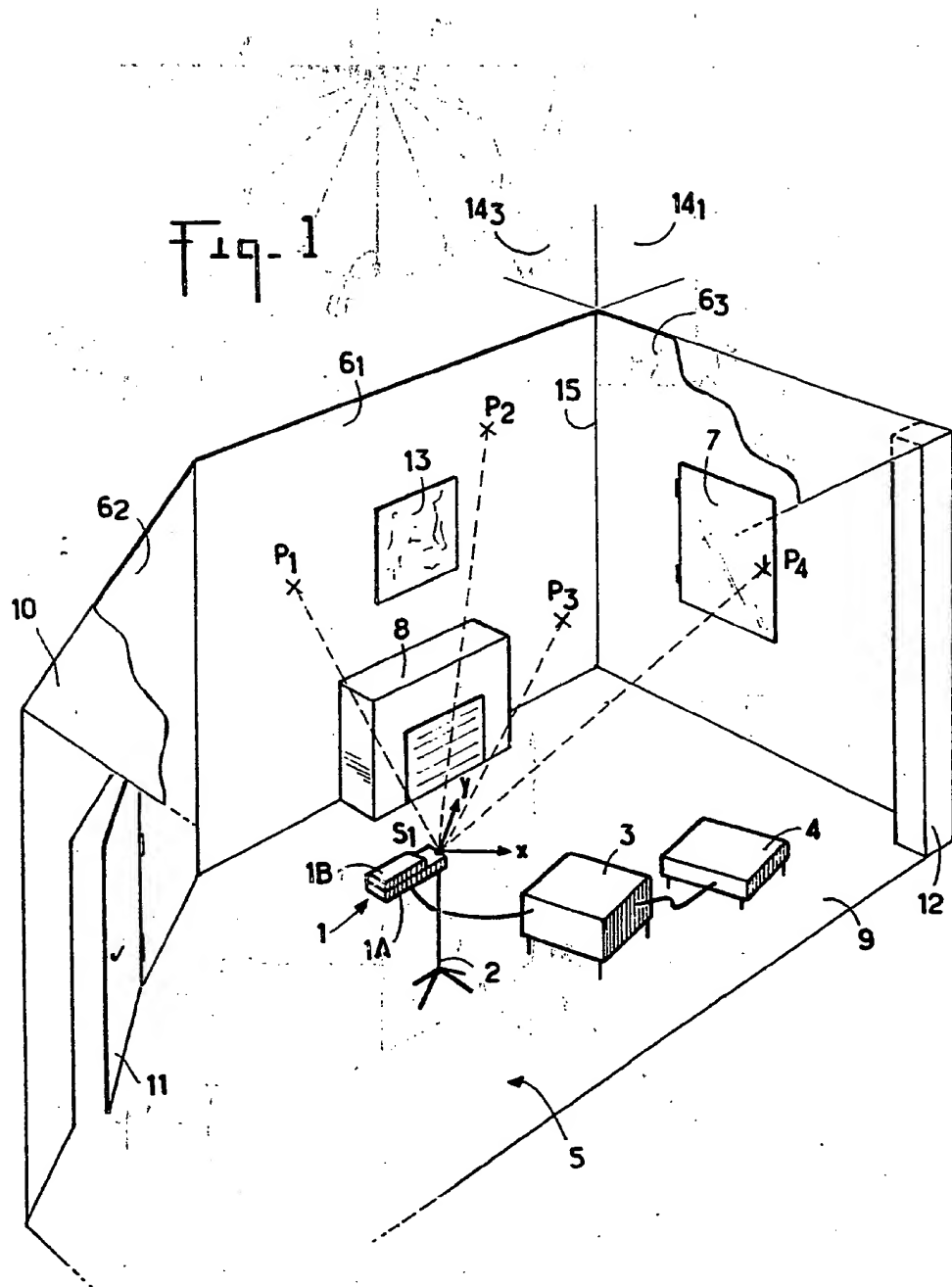
6. Procédé de levé de mètres pour relever la position relative d'au moins deux enveloppes, constitué de surfaces gauches ou planes délimitant au moins deux volumes accolés (5 et 20), disposant d'au moins une ouverture commune (11) et dont le levé de mètres propre à chaque enveloppe est réalisé par un procédé suivant l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que :

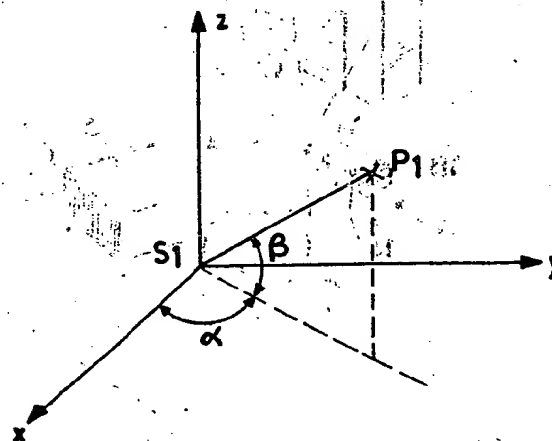
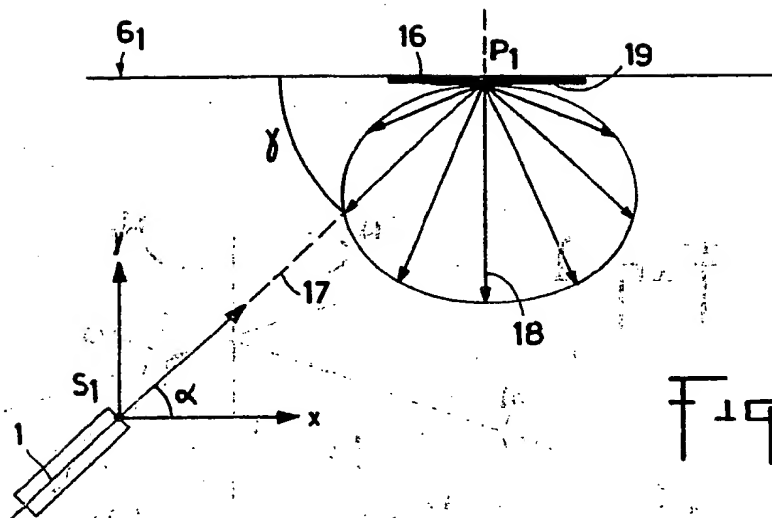
- on choisit au moins dans un seul volume deux points, ou dans chaque volume, un point (P4 et P5) de référence, parmi ceux situés sur toute surface orientée en regard de ladite ouverture (11), de telle façon que chaque point de référence puisse être visé par le
- 5 télémètre depuis les deux emplacements origines de stations retenues (S1 et S2) pour la levée de mètres desdits volumes;
- on marque sur chaque point un repère visible qui restera au moins le temps d'effectuer les mesures depuis les deux stations;
- on procède aux levés de mètres de chaque enveloppe en
- 10 conservant particulièrement les coordonnées polaires des deux points de référence et on calcule la position et l'intersection de toutes les surfaces;
- on trace et on reproduit le mètre d'une des enveloppes, en positionnant lesdits deux points de référence, à partir desquels on
- 15 repère la position de l'emplacement de la station de la deuxième enveloppe;
- on trace et on reproduit le mètre de cette deuxième enveloppe sur la même représentation que la première à partir de sa station de mesure ainsi repérée.
- 20 7. Procédé de levé de mètres pour relever la position d'au moins deux enveloppes délimitant deux volumes (5 et 22) accolés ou non et ne disposant pas d'une ouverture commune, caractérisé en ce que:
- on définit une troisième enveloppe fictive ou réelle (10) qui soit accolée aux deux dites enveloppes et qui inclut au moins
- 25 une ouverture de chaque desdites enveloppes;
- on effectue le levé de mètres de chaque dite enveloppe avec cette troisième suivant le procédé de la revendication 6;
- on trace et on reproduit le mètre des deux enveloppes de base par rapport aux repères de la troisième.
- 30 8. Procédé de levé de mètres suivant l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que :
- on stocke dans la mémoire d'un ordinateur (3) les mesures des coordonnées polaires de tous les points visés par le télémètre, en codant et repérant, d'une part, les points associés à la même surface,
- 35 d'autre part, les points associés à tous les éléments particuliers de chaque surface et enfin les surfaces associées à la même enveloppe repérée à partir d'un emplacement origine de station de mesure ;



- on programme l'ordinateur (3) pour calculer la position de toutes les surfaces, à partir du point origine de ladite station, puis pour calculer l'intersection de toutes les surfaces deux à deux et à conserver en mémoire la définition de l'enveloppe ainsi déterminée par ses surfaces et ses arêtes;
  - on programme l'ordinateur (3) pour calculer les mesures de distances et d'angle en fonction d'erreurs de mesure et de défauts de planéité possible afin de lisser les surfaces à une valeur de tolérance de l'ordre du cm;
  - on range dans une mémoire permanente et précodée les dimensions mesurées de tout élément particulier pouvant occuper une partie des surfaces et on positionne chaque élément par rapport à un point caractéristique;
  - on commande le tracé du mètre désiré sous la forme souhaitée tels que plans, coupe, élévation et/ou perspective à partir des données mesurées puis calculées de l'enveloppe et celles connues des éléments.
9. Procédé de levé de métrés, suivant la revendication 8, caractérisé en ce que l'on relie le télémètre audit ordinateur (3) de telle façon que les données des mesures soient directement introduites dans le programme de l'ordinateur au fur et à mesure du déroulement de ce dit programme;
10. Procédé de levé de métrés, suivant la revendication 9, caractérisé en ce que l'on place l'ensemble du dispositif de mesure et de calcul sur un même support mobile couplé à un système de visée et de reconnaissance de forme et l'on programme ledit support pour qu'il oriente automatiquement la visée du télémètre sur chaque surface de l'enveloppe et chaque élément particulier reconnu par le système de visée, ledit support mobile pouvant se déplacer d'un volume à un autre.

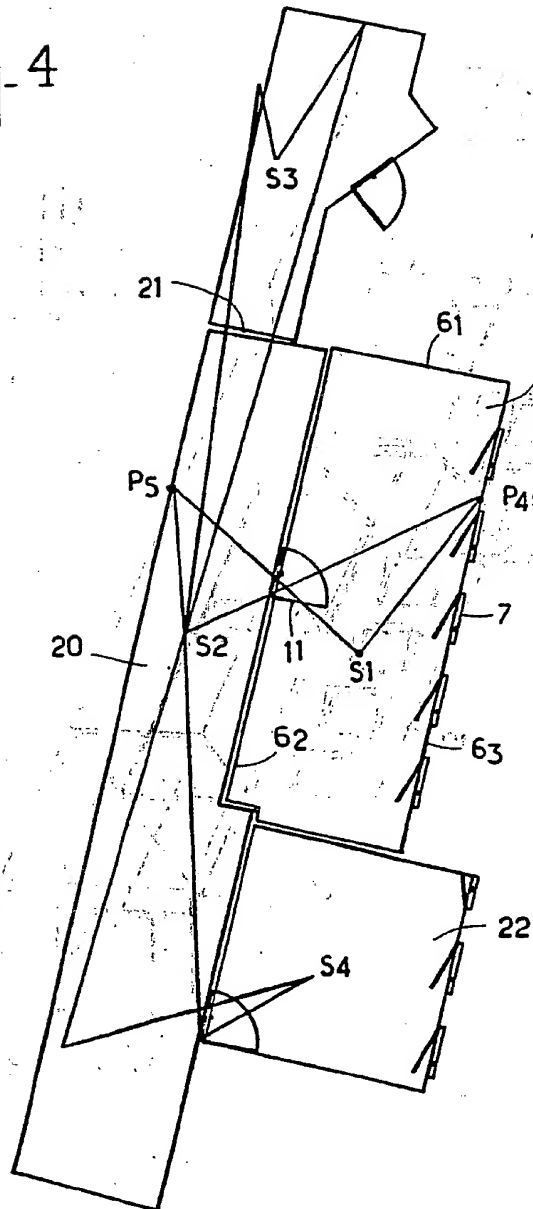
1/4





3 / 4

T-19-4



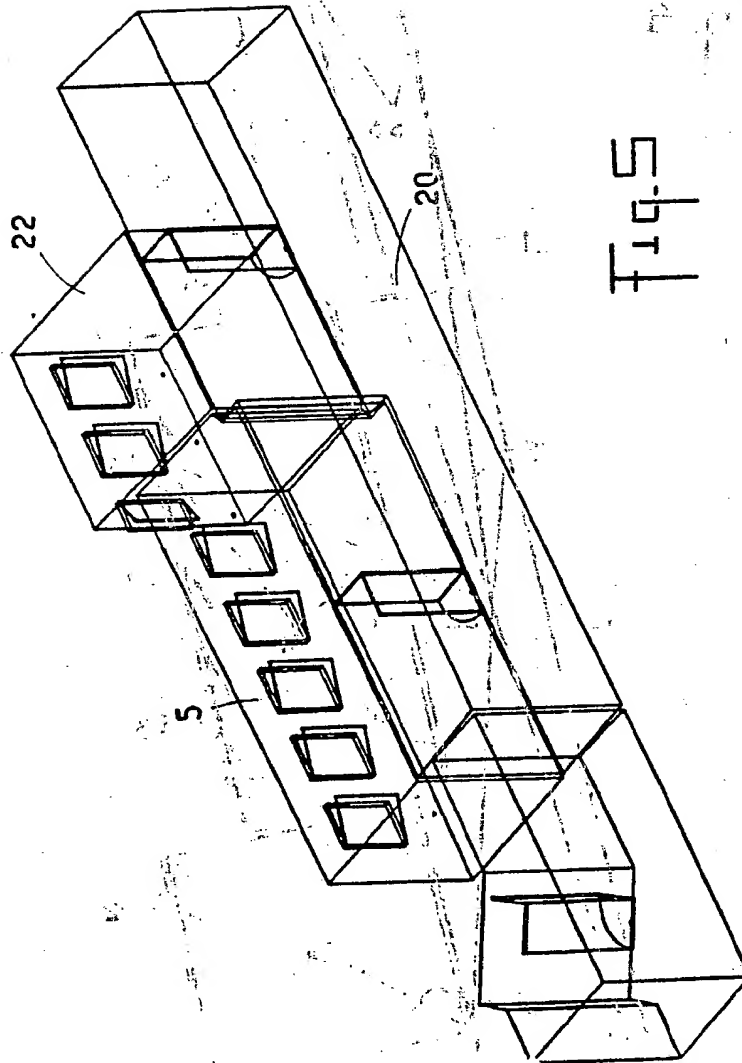


Fig. 5

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**